

Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação

Mineral nutrition and production of beans in areas managed with and without burning of organic residues and different fertilization types

Nagib Jorge Melém Júnior^{1*}; Osmar Rodrigues Brito²; Nelson da Silva Fonseca Júnior^{1,3}; Inês Cristina de Batista Fonseca²; Sinval Xavier de Aguiar^{2,4}

Resumo

A utilização de resíduos orgânicos na agricultura tem motivado o desenvolvimento de pesquisas que visam a sustentabilidade do processo de produção. O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de macronutrientes e na produtividade da cultura do feijão em rotação com cultura do milho. Para avaliar os componentes de produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade do feijoeiro foram conduzidos dois experimentos, utilizando duas cultivares de feijão do grupo carioca ('IPR Colibri' e 'IPR Eldorado'): Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos e Experimento II – sem a queima dos resíduos. Para cada experimento, o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 4 x 2, em que os fatores foram quatro doses de resíduos de poda de árvores da zona urbana (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹) e dois tipos de adubação: adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica (AO) e adubação com resíduos de poda acrescida da adubação mineral da cultura, denominada de adubação organomineral (AOM). Para avaliar o efeito do fogo na produtividade de cada cultivar de feijão, foi realizada uma análise conjunta dos experimentos I e II. Os componentes da produção, os teores foliares de macronutrientes e a produtividade das cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado foram sempre maiores com adubação organomineral. Na comparação entre os experimentos foi possível verificar que a produtividade do feijão IPR Colibri foi maior no tratamento sem queima acrescida da adubação mineral.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação orgânica, fogo, teores foliares

Abstract

The use of organic residues in agriculture has motivated the development of researches that seeks for the sustainability of the production. The agricultural use, *in nature* or in the form of compounds of twigs and branches resulting from the pruning of trees in urban centers can be considered as a source of organic

¹ Pesquisador na área de Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Amapá, Cx. Postal 10, CEP: 68.906-970. Macapá, AP. E-mail: nagib@cpafap.embrapa.br

² Profs. Drs. da Universidade Estadual de Londrina. UEL, Deptº de Agronomia, Cx. Postal 6001, CEP: 86051-980. Londrina, PR. E-mail: osmar@uel.br; inescbf@uel.br

³ Pesquisador na área de Melhoramento e Genética Vegetal, Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Cx. Postal 481, CEP: 86047-902. Londrina, PR. E-mail: nsfjr@iapar.br

⁴ Engº Agrº, M. Sc em Agronomia. E-mail: sinvalxavier@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

fertilizer to various crops. Through a simulated situation of areas managed using the fire, this work was led to evaluate the effects of doses, burning of organic residues and fertilization types on the components of the production, leaf contents of macronutrients and on the yield of two cultivars of carioca beans (IPR Colibri and IPR Eldorado) cultivated in rotation system with corn crop. Two experiments were installed: Experiment I – with the burning of the residues; and Experiment II – without the burning of the residues. For each experiment it was used a randomized block design with three replications in a 4x2 factorial arrangement, in which the factors were four doses of organic residues (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹) and two fertilization types (EOF: organic fertilization and OMF: organic mineral fertilization). To evaluate the effect of fire on the productivity of bean cultivars was performed a joint analysis between experiments I and II. The components of production, the leaf nutrients contents and the productivity of bean cultivars IPR and IPR Colibri Eldorado were always higher with organo-mineral fertilization. Comparing the experiments it was found that the productivity of the bean IPR Colibri was higher than on treatment without burning of residues associated with mineral fertilizer.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, organic fertilization, fire, foliate tenors

Introdução

O aproveitamento agrícola, *in natura* ou na forma de compostos, dos ramos e galhos resultantes da poda de árvores dos centros urbanos, pode e deve ser considerado como uma fonte de adubo orgânico para culturas diversas. Quando utilizado na forma *in natura* estes resíduos formam uma densa camada de fitomassa nas áreas de cultivo que além de proteger o solo contra a erosão, serve para estimular a atividade biológica contribuindo diretamente com o aumento natural, gradual e equilibrado da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essa ciclagem de nutrientes mediante o uso do material orgânico representa uma forma de retenção e manutenção do carbono sequestrado no solo, minimizando assim as emissões de CO₂ para a atmosfera e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Nas cidades, os restos de poda das árvores têm se tornado um problema, devido ao grande volume produzido. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (informação verbal)³, o município de Londrina produz semanalmente cerca de 30 Mg de resíduos de poda, que são triturados e destinados à produção de composto orgânico. Coelho et al. (2007) relatam que no levantamento realizado em 16 municípios brasileiros no ano de 2006, pelo Centro Nacional de Referência

em Biomassa (CENBIO), foi detectado que em aproximadamente 70% dos municípios, os resíduos orgânicos resultantes da poda das árvores urbanas, são descartados em lixões ou aterros sanitários. Os autores salientam ainda que a deposição indevida facilita a mistura destes com outros resíduos potencialmente perigosos, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar, do solo e da água. Além disso, representa um desperdício de matéria orgânica que poderia ser reutilizada racionalmente nas áreas de produção de alimentos.

As queimadas são uma prática rotineira principalmente na região amazônica, onde é empregada para limpeza das áreas de cultivo. Nas demais regiões, o fogo ainda é utilizado no manejo de pastagens e no cultivo da cana-de-açúcar, visando o preparo da mesma para a colheita manual. O uso do fogo, embora necessário em algumas atividades, é uma prática condenável, uma vez que causa impactos negativos como a liberação de gases de efeito estufa para a atmosfera, redução da atividade biológica e alterações nas propriedades físicas e químicas dos solos.

De acordo com Sampaio et al. (2008), a derrubada e queima da mata ainda é a principal técnica de manejo rudimentar, praticada por pequenos, médios e grandes produtores da Amazônia. Segundo os autores, os motivos que justificam tal prática são diversos, pois a queima da vegetação proporciona uma elevação imediata, porém temporária, da

³ Do responsável pela coleta e processamentos de resíduos da CMTU (2008).

fertilidade do solo, permitindo o cultivo de produtos de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho) por um período de no máximo dois anos, depois é deixada em pousio para recomposição da vegetação e volta novamente a ser queimada, criando assim um ciclo vicioso de degradação ambiental.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa que faz parte da alimentação diária de milhões de pessoas no mundo e tem grande valor nutricional. A produção nacional em 2007 foi de 3.245.236 toneladas de grãos, e o estado do Paraná participou com 23,6% do total produzido, sendo o principal produtor nacional (IBGE, 2008).

De acordo com Vilela, Resende e Medeiros (2006) a busca por alimentos naturais e cada vez mais saudáveis, associada ao crescimento da consciência de preservação ecológica, induziu o desenvolvimento da produção orgânica e a expansão do mercado para estes produtos. Segundo Silveira e Stone (2003), o cultivo contínuo de uma espécie na mesma área pode redundar em perdas de produtividade das culturas devido a reduções na fertilidade do solo e a maior incidência de pragas e doenças. A rotação de culturas é uma prática que pode minimizar esses problemas, pois a exploração do solo com diferentes espécies vegetais minimiza os impactos na fertilidade do solo e reduz a disseminação de pragas e doenças além de garantir maiores aportes de resíduos orgânicos.

Simulando a situação de manejo de áreas com uso do fogo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses, queima de resíduos orgânicos e tipos de adubação nos componentes de produção, teores foliares de nutrientes e na produtividade da cultura do feijão (IPR Colibri e IPR Eldorado) em sucessão à cultura do milho.

Material e Métodos

Os experimentos com a cultura do feijão foram instalados na safra agrícola de 2007, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina – (Londrina/PR – 23° 19' S; 51°11' W), em área

de Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (GONÇALVES, 2007). As análises químicas de amostras de terra da camada superficial de 0 a 20 cm (PAVAN et al., 1992) ⁽⁴⁾ apresentaram os seguintes resultados: pH= 5,2; K⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 6,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,8 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,02 cmol_c dm⁻³; P = 8,0 mg dm⁻³ e COT = 14,0 g dm⁻³. A análise granulométrica (EMBRAPA, 1997) possibilitou classificar o solo sendo de textura muito argilosa (786 g kg⁻¹ de argila, 149 g kg⁻¹ de silte e 65 g kg⁻¹ de areia). Para avaliar os componentes de produção, os teores foliares de nutrientes e a produtividade foram conduzidos dois experimentos, utilizando-se duas cultivares de feijão do grupo carioca (IPR Colibri e IPR Eldorado): Experimento I – Com queima dos resíduos orgânicos e Experimento II – sem a queima dos resíduos. Para cada experimento, o delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 4 x 2, em que os fatores foram quatro doses de resíduos de poda (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹), e dois tipos de adubação (AO – adubação exclusiva com resíduos de poda, denominada de adubação orgânica e AOM – adubação com as mesmas doses de resíduos orgânicos acrescida de adubos inorgânicos, denominada de adubação organomineral). No caso da adubação organomineral (AOM) as quantidades de fertilizantes aplicadas foram definidas com base na análise química do solo e nas recomendações técnicas definidas para cada cultura.

O resíduo orgânico empregado foi obtido da trituração de folhas e ramos resultantes da poda de árvores da cidade de Londrina. Os resíduos foram triturados após a coleta e postos para secar ao ar pelo período de um mês. Foram realizadas determinações dos teores totais de nutrientes no resíduo, seguindo a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Os teores de lignina, celulose, hemicelulose e matéria seca foram determinados de acordo com a descrição de Silva (1990). Os resultados das análises realizadas estão apresentados na Tabela 1.

⁴ pH em CaCl₂ 0,01 Mol L⁻¹ (1:2,5), P (Mehlich 1), Ca, Mg e Al (KCl 1,0 Mol L⁻¹), COT= Carbono orgânico total (Walkley-Black)

Tabela 1. Teores totais de macronutrientes, relação C:N, composição da parede celular e matéria seca (MS) dos resíduos orgânicos utilizado no experimento.

N	P	K	Ca	Mg	C	C:N	Lignina	Celulose	Hemicelulose	MS
----- g kg ⁻¹ -----						----- % -----				
8,1	0,98	3,8	6,9	1,2	420,0	52:1	40,2	52,9	6,0	91,0

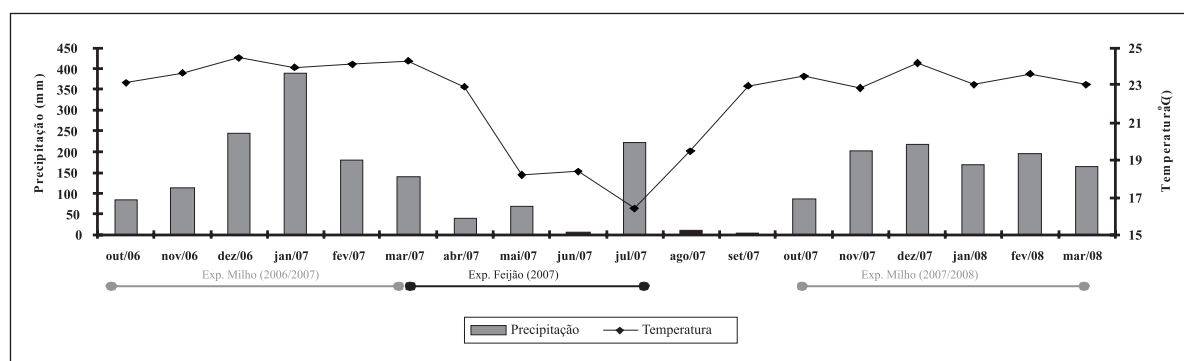
Mediante peneiramento (peneiras com malhas de 2,0 e 4,0 mm), catação manual e pesagem foi realizada a separação dos componentes do resíduo orgânico utilizado, obtendo-se a seguinte composição: 42% de ramos grossos (> 4 mm de diâmetro), 13% de ramos finos (entre 2 mm e 4 mm de diâmetro), 8% de folhas trituradas, 29% de resíduos não identificáveis médios (entre 2,0 mm e 4,0 mm) e 8% de resíduos não identificáveis menores que 2,0 mm.

Em outubro de 2006, realizou-se a aplicação dos resíduos distribuindo-os superficialmente nas parcelas experimentais (4,0 x 3,0 m) nas doses previamente estabelecidas, o que possibilitou estimar a espessura da camada de resíduos em 0,6 ; 1,2 e 1,8 cm para as doses de 15, 30 e 45 a Mg ha⁻¹, respectivamente. No Experimento I, em que se empregou o manejo com fogo, os resíduos foram queimados logo após a distribuição nas parcelas. Na safra 2006/07 fez-se o cultivo do milho, que foi colhido manualmente, dobrando-se as plantas a uma altura de aproximadamente 1,5 m, que

assim permaneceram na área. Em março de 2007, as parcelas cultivadas com milho foram divididas em duas partes iguais. Cada parte passou então a representar as parcelas utilizadas para instalação dos experimentos com as cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado. A semeadura do feijão foi realizada entre as fileiras de plantas dobradas de milho, utilizando o espaçamento de 0,40 m entre linhas e com densidade de 10 sementes úteis por metro, dispensando a necessidade de realização de desbaste. As duas fileiras centrais de das parcelas com a cultura de feijão, desprezando 0,50 m das extremidades, foram utilizadas para avaliações.

A adubação mineral empregada na semeadura do feijão correspondeu à aplicação de 20, 22 e 25 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, de acordo com as recomendações apresentadas por Parra (2003). Aos 14 dias depois da emergência das plantas foi realizada adubação de cobertura com 60 kg ha⁻¹ de N.

Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação total e temperatura média mensal durante o período de condução dos experimentos.

**Figura 1.** Precipitação total e temperatura média mensal na região de Londrina no período de condução dos experimentos. Fonte: IAPAR.

Em cada experimento, 35 dias após a emergência das plantas (início do florescimento), 24 folhas completamente formadas (selecionadas a partir da extremidade da haste principal) e com pecíolo, foram colhidas de cada parcela experimental. Posteriormente, foram lavadas, secas e analisadas quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, seguindo a metodologia descrita em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os componentes de produção: massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000) e número de vagens por planta (NVP) foram determinados em cinco plantas colhidas na área útil de cada parcela. A produtividade (PROD) foi determinada transformando-se a massa de grãos obtida na área útil da parcela em kg ha⁻¹, após a correção da umidade para 13%.

Para avaliar o efeito da queima dos resíduos na produtividade de cada cultivar de feijão, foi realizada uma análise conjunta dos experimentos I e II. Neste caso, foram realizadas análises de variância individuais para a variável produtividade em cada experimento e posteriormente, procedeu-se a análise conjunta dos dados, uma vez que atendeu-se ao requisito necessário para execução dessa análise, como recomendado por Barbin (2003), ou seja, a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual entre os experimentos deve ser inferior a quatro.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e de correlação de Pearson mediante emprego dos programas SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000) e SAS (SAS INSTITUTE, 1999). Quando necessário as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% ou ajustados a equações de regressão.

Resultados e Discussão

Experimento I: Com a queima dos resíduos

O emprego da adubação organomineral (AOM) propiciou aumentos significativos nos valores médios da massa de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e produtividade da cultura do feijão (Tabela 2). Os aumentos observados para a cultivar IPR Colibri, corresponderam a 37,9%, 63,3% e 34,3% para as variáveis PROD, MGP e NVP, respectivamente. Para a cultivar IPR Eldorado os aumentos foram de 91,8%, 96,9%, 12,1% e 66,0% para a PROD, MGP, M1000 e NVP, respectivamente. Apesar das produtividades máximas obtidas nos experimentos (IPR Colibri = 3.272,9 kg ha⁻¹ e IPR Eldorado = 2.763,3 kg ha⁻¹) terem ficado acima da produtividade média do feijão no estado do Paraná (IBGE, 2008) que é de 1.386 kg ha⁻¹, as mesmas ficaram abaixo do potencial produtivo de cada cultivar que é de 3.917 kg ha⁻¹ para a IPR Colibri (IAPAR, 2004) e 2.948 kg ha⁻¹ para a IPR Eldorado (IAPAR, 2007).

Tabela 2. Produtividade (PROD), massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000) e número de vagens por planta (NVP) de feijão em função dos tipos de adubação, após queima dos resíduos orgânicos.

Tipo de adubação	PROD kg ha ⁻¹	MGP -----g-----	M1000	NVP
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	3.272,9 a	9,8 a	223,5 a	9,9 a
AO	2.373,5 b	6,0 b	217,6 a	6,5 b
DMS	380,7	1,50	9,4	1,84
CV(%)	14,85	21,6	4,4	25,7
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	2.763,3 a	6,3 a	184,4 a	8,8 a
AO	1.440,7 b	3,2 b	164,5 b	5,3 b
DMS	665,2	1,29	12,8	1,3
CV(%)	35,6	30,6	8,4	21,3

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AO = adubação orgânica.

A incidência de antracnose, provavelmente foi uma das causas da menor produtividade obtida em relação à produtividade média do Paraná, principalmente para a cultivar IPR Eldorado ficou com a nota média de 6,1 para essa doença (escala de 0 (sem incidência) a 9 (máxima incidência), enquanto para a IPR Colibri a nota média foi de 1,5. Observou-se ainda correlação negativa entre a produtividade da cultivar IPR Eldorado e a ocorrência de antracnose ($r = -0,69$ e $r = -0,55$; $p < 0,05$) nas duas avaliações realizadas.

Os resultados observados para os efeitos da adubação organomineral estão de acordo com aqueles obtidos em diversas pesquisas desenvolvidas anteriormente. Os estudos de Andrade et al. (2004) indicaram que a aplicação de doses de N, P e K em três cultivares de feijão aumentaram significativamente a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta e a produtividade do feijão.

É importante ressaltar que, além da ocorrência de doenças durante a fase reprodutiva da cultura, a precipitação acumulada no período foi de

aproximadamente 1.500 mm (Figura 1). Os resultados do cultivo do feijão, realizado após a primeira safra de milho, foram obtidos após dez meses da aplicação e queima dos resíduos, período no qual a intensa precipitação pode ter contribuído para a redução no estoque de cinzas e de nutrientes da área. De acordo com Coutinho (1990) e Kauffman, Cummings e Ward (1994), em curto prazo, após a queima de resíduos orgânicos, ocorre aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Entretanto, neste tipo de manejo, o que se observa em cultivos subsequentes é uma brusca diminuição nos teores de nutrientes do solo, devido principalmente a lixiviação e absorção dos mesmos pelas plantas cultivadas anteriormente.

Quando foi utilizado exclusivamente a adubação orgânica, os teores foliares de nitrogênio nas duas cultivares permaneceram dentro dos níveis adequados (30 a 50 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), enquanto que os teores de potássio ficaram acima dos níveis adequados (20 a 25 g kg⁻¹) (Tabela 3).

Tabela 3. Teores foliares de N, P, K e Mg do feijão em função dos tipos de adubação, após queima dos resíduos orgânicos.

Tipos de adubação	Teores foliares (g kg ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	51,6 a	1,91 a	31,6 a	3,0 a
AO	38,3 b	1,82 b	28,2 b	2,7 b
DMS	4,3	0,035	2,7	0,21
CV(%)	10,5	2,1	10,5	8,3
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	55,8 a	1,89 a	32,8 a	2,35 a
AO	39,6 b	1,83 a	29,1 b	2,15 a
DMS	4,8	0,065	2,6	0,20
CV(%)	10,6	4,0	8,8	10,4

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AO = adubação orgânica.

Os teores foliares de K na cultivar de feijão IPR Colibri aumentaram linearmente com as doses de resíduos orgânicos ($\hat{y} = 26,512 + 0,1498x$ $r^2 = 0,57$), provavelmente devido à maior concentração desse elemento nas cinzas. Entretanto, para este cultivar, os teores foliares de cálcio decresceram linearmente com as doses de resíduos orgânicos (AOM: $\hat{y} = 21,773 - 0,1055x$; $r^2 = 0,57$ e AO: $\hat{y} = 23,276 - 0,1593x$; $r^2 = 0,93$), independentemente da adubação utilizada. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Leal e Prado (2008), que também observaram que os maiores teores foliares de cálcio no feijão, ocorriam nos tratamentos com omissão de potássio, o que indica a ocorrência de uma grande competição entre o Ca e o K pelos sítios de absorção de nutrientes do sistema radicular (FERNANDES, 2006).

Nos casos do fósforo e do magnésio, em todos os tratamentos testados, os teores foliares obtidos ficaram um pouco abaixo dos níveis considerados adequados (P: 2,0 a 3,0 g kg⁻¹, Mg: 4,0 a 7,0 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os maiores teores foliares desses elementos foram observados na cultivar IPR Colibri e nas parcelas com adubação organomineral. Para a cultivar IPR Eldorado não foi possível observar diferenças significativas entre os teores foliares de fósforo e magnésio e os tipos de adubação. Ressalta-se que na análise de solo realizada após a colheita do feijão, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos testados (dados não apresentados), mas os teores observados encontravam-se em níveis adequados de acordo com as recomendações de Parra (2003).

Experimento II: Sem a queima dos resíduos

Do mesmo modo que no Experimento I, o emprego da adubação organomineral (AOM)

propiciou aumentos significativos nos valores médios da massa de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e produtividade da cultura (Tabela 4). Para a cultivar IPR Colibri os valores obtidos nos tratamentos com adubação organomineral (AOM) foram maiores em 63,2%, 7,2%, 96,6% e 72,7% para a PROD, MGP, M1000 e NVP, respectivamente, em relação à adubação orgânica (AO). No caso da cultivar IPR Eldorado os aumentos corresponderam a 40,7%, 11,8%, 73,2% e 77,2% para a PROD, MGP, M1000 e NVP, respectivamente. Nesse experimento, as produtividades máximas obtidas também ficaram acima da produtividade média de 1.386 kg ha⁻¹ do estado do Paraná (IBGE, 2008) e abaixo do potencial produtivo das cultivares testadas, no caso 3.917 kg ha⁻¹ para a IPR Colibri (IAPAR, 2004) e 2.948 kg ha⁻¹ para a IPR Eldorado (IAPAR, 2007). Uma das causas da menor produtividade nos tratamentos com adubação orgânica, foi a incidência de antracnose, principalmente na cultivar IPR Eldorado, que ficou com nota média igual 6,1 para essa doença (escala de 0 (sem incidência) a 9 (máxima incidência)), enquanto para a IPR Colibri a nota média foi 2,1.

Os resultados relativos à produtividade do feijão estão de acordo com diversas pesquisas desenvolvidas nesse sentido (ANDRADE et al., 2004; ALMEIDA et al., 2000; ARF et al., 1999). Andrade et al. (2004) verificaram que a aplicação de doses de N, P e K em três cultivares de feijão aumentou significativamente a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta e a produtividade da cultura. Almeida et al. (2000) obtiveram valores médios de produção de grãos da cultura do feijão significativamente maiores com a aplicação de N. Do mesmo modo, Arf et al. (1999) observaram que a adubação nitrogenada proporcionou maiores produções de massa de grãos em relação aos tratamentos sem esse nutriente.

Tabela 4. Produtividade (PROD), massa de grãos por planta (MGP), massa de 1.000 grãos (M1000) e número de vagens por planta (NVP) do feijão em função do tipo de adubação e na ausência da queima dos resíduos.

Tipo de adubação	PROD	MGP	M1000	NVP
	kg ha ⁻¹	-----g-----		
	----- Cultivar IPR Colibri -----			
AOM	3.645,5 a	224,2 a	11,4 a	11,4 a
AO	2.233,4 b	209,2 b	5,8 b	6,6 b
DMS	302,0	11,6	1,79	1,62
CV(%)	11,28	5,93	23,12	19,27
	----- Cultivar IPR Eldorado -----			
AOM	2.443,8 a	188,6 a	7,1 a	10,1 a
AO	1.736,3 b	168,7 b	4,1 b	5,7 b
DMS	407,0	13,7	1,35	1,5
CV(%)	20,96	8,2	26,3	21,6

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AO = adubação orgânica.

A produtividade da cultivar IPR Colibri também variou com as doses de resíduo orgânico aplicadas ($\hat{y} = 2690,8 + 57,611x - 1,2626x^2$, $r^2 = 0,72$), com ponto de máximo estimado para a dose 22,8 Mg ha⁻¹. Mesmo apresentando valores menores que o potencial produtivo das cultivares testadas, somente com a utilização da adubação orgânica (Tabela 4) foi possível obter produtividades superiores à média do estado do Paraná. Vale ainda ressaltar que essas produtividades foram obtidas em um sistema de sucessão em que a cultura anterior, no caso milho, é altamente exigente em nutrientes.

Considerando-se as quantidades de nutrientes contidas no resíduo orgânico utilizado (Tabela 1) foi possível estimar que foram aplicados com a menor dose testada (15 Mg ha⁻¹), quantidades totais equivalentes a 121,0; 14,5 e 56,8 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Somente para o fósforo a quantidade aplicada foi menor que a utilizada na adubação mineral (80, 22 e 25 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente). Para as maiores doses de resíduo, as quantidades de nutrientes aplicadas duplicaram ou triplicaram em relação às quantidades aplicadas via adubação mineral. Entretanto, cabe destacar, que os nutrientes contidos no resíduo não são prontamente disponíveis. Além disso, o resíduo orgânico utilizado continha cerca de 40% de lignina (Tabela 1), uma macromolécula de baixa degradabilidade segundo Moreira e Siqueira (2006).

Os nutrientes contidos nos resíduos foram liberados de forma gradual, porém contínua, contribuindo de forma decisiva para obtenção das produtividades observadas. Este fato pode ser parcialmente confirmado pela observação dos resultados dos teores foliares de nutrientes (Tabela 5), que foram maiores nas subparcelas que receberam adubação organomineral (AOM).

As menores produtividades obtidas para as duas cultivares testadas, nos tratamentos com adubação orgânica, estão de acordo com Muchovej e Obreza (1996), que observaram que os resíduos orgânicos nem sempre substituem completamente a fertilização mineral e dependendo da dose aplicada, não suprem totalmente a necessidade de nutrientes das plantas, o que redundava em menores produtividades. Por outro lado, estudos realizados por Carvalho e Wanderley (2007) indicaram ser possível produzir feijão em sistema totalmente orgânico, alcançando produtividades semelhantes às obtidas no sistema convencional. Os autores observaram em trabalho desenvolvido no Distrito Federal, em área de produção orgânica, que as cultivares Marfim, Pérola, Aporé e Vereda sob irrigação e as cultivares Diamante Negro, Marfim, Pérola e Aporé cultivadas na época das águas, obtiveram produtividades superiores à média regional que é de 2.700 kg ha⁻¹ em culturas irrigadas e 2.300 kg ha⁻¹ em culturas sem irrigação.

Tabela 5. Teores foliares de N, P, K e Mg do feijão em função do tipo de adubação, na ausência da queima dos resíduos.

Tipo de adubação	Teores foliares (g kg ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
----- Cultivar IPR Colibri -----				
AOM	50,7 a	1,86 a	30,7 a	3,1 a
AO	39,4 b	1,84 a	27,5 b	2,8 b
DMS	4,0	0,05	3,1	0,20
CV(%)	10,1	2,9	12,3	8,3
----- Cultivar IPR Eldorado -----				
AOM	57,3 a	1,92 a	33,4 a	2,4 a
AO	40,2 b	1,78 b	26,6 b	2,0 b
DMS	7,6	0,1	3,4	0,33
CV(%)	15,8	5,5	11,5	17,1

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AO = adubação orgânica.

Na (Tabela 5), observa-se que para as duas cultivares, os teores foliares dos nutrientes estudados foram sempre maiores nas parcelas com adubação organomineral. Mesmo quando foi utilizada adubação orgânica exclusiva, os teores foliares de nitrogênio ainda foram mantidos em níveis adequados (30 a 50 g kg⁻¹) de acordo com o que foi estabelecido por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Porém, os teores de potássio ficaram acima dos níveis adequados (20 a 25 g kg⁻¹).

Os teores foliares de cálcio na cultivar IPR Colibri foram influenciados pelas doses de

resíduos orgânicos, decrescendo com as mesmas ($\hat{y} = 2,699 - 0,0591x$; $r^2 = 0,54$), enquanto que os teores foliares de fósforo e magnésio ficaram um pouco abaixo dos níveis considerados adequados (P= 2,0 a 3,0 g kg⁻¹ e Mg= 4,0 a 7,0 g kg⁻¹) sugeridos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A análise química do solo realizada após a colheita do feijão, não indicou diferenças significativas entre os tratamentos testados (dados não apresentados). Entretanto, os teores de fósforo e potássio encontravam-se em níveis adequados de acordo com o que foi estabelecido por Parra (2003).

Tabela 6. Produtividade média da cultivar de feijão IPR Colibri em função do tipo de adubação e do uso da queima dos resíduos orgânicos.

Tipo de adubação	Experimentos	
	I (com queima)	II (sem queima)
----- Produtividade (kg ha ⁻¹) -----		
AO	2.399,00 bA	2.307,08 bA
AOM	3.272,75 aB	3.645,50 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey; AOM = adubação orgânica + adubação mineral; AO = adubação orgânica; (CV = 12,33%; DMS 298,77 kg ha⁻¹).

Quando comparou-se os dois experimentos (com queima de resíduos e sem queima de resíduos) observou-se que os fatores estudados (doses de resíduos, queima e tipo de adubação) influenciaram a produtividade somente para a cultivar IPR Colibri. Nesse caso observou-se que houve interação entre os tipos de adubação e a queima dos resíduos. As maiores produtividades foram obtidas com o uso da adubação organomineral (AOM) nos dois experimentos (Tabela 6). Considerando-se o efeito da queima dos resíduos foi possível observar que nos tratamentos que receberam adubação orgânica (AO), não ocorreram diferenças significativas para a produtividade. Entretanto, nos tratamentos com adubação organomineral (AOM) a produtividade da cultivar IPR Colibri foi maior no experimento sem queima de resíduos, evidenciando que mesmo associada à aplicação de fertilizantes inorgânicos o uso do fogo como técnica de manejo prejudica a produtividade das culturas. Diversos autores têm demonstrado os efeitos adversos do fogo, pois, os benefícios resultantes das cinzas deixadas pelas queimadas (fonte de nutrientes) tendem a desaparecer em curto e médio prazos, devido à lixiviação, perdas por erosão e extração de nutrientes pelas culturas (SMYTH; BASTOS, 1984; SAMPAIO et al., 2003; MELO et al., 2006; DICK et al., 2008).

Conclusões

A massa de grãos por planta, a massa de 1.000 grãos, o número de vagens por planta, os teores foliares de nutrientes e a produtividade das cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado foram sempre maiores nos tratamentos com adubação organomineral, independentemente do uso da queima

Quando se empregou a adubação orgânica, a queima dos resíduos não alterou significativamente a produtividade das cultivares avaliadas.

Na comparação entre os experimentos observou-se que a produtividade do feijão IPR Colibri foi maior no experimento sem queima de resíduos com a utilização de adubação organomineral

Agradecimentos

Aos funcionários da Fazenda Escola da UEL e estagiários do curso de Agronomia pelo auxílio na condução dos experimentos e nas análises laboratoriais; a CMTU (Prefeitura Municipal de Londrina) pela cessão dos resíduos de poda e ao IAPAR pela cessão das sementes de feijão e dados climatológicos.

Aos colegas Auro Akio Otsubo e Ana Cláudia Silva de Lira pelas valiosas sugestões para melhoria do trabalho.

Referências

- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.
- ANDRADE, C. A. B.; PATRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.
- ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.
- BARBIN, D. *Planejamento e análise de experimentos agrônomicos*. Arapongas: Midas, 2003. 208 p.
- CARVALHO, P. W.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no Distrito Federal. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 605-611, 2007.
- COELHO, S. T.; CORTEZ, C. L.; GRISOLI, R. P. S.; GAVIOLI, F.; GOBATO, D. CARMELO, S. Partial study management and impact of residues from urban pruning: study case in the concession areas of AES Eletropaulo, in Sao Paulo, Brazil. In: WORKSHOP INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO EM BIOCOMBUSTÍVEL, MEIO AMBIENTE E NOVOS PRODUTOS DA BIOMASSA, 5., 2007, Campinas. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2007, p. 125-140.
- COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*, Brasília, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990.
- DICK, D. P.; MARTINAZZO, R.; DALMOLIN, R. S. D.; JACQUES, A. V. A.; MIELNICZUK, J. ; ROSA,

- A. S. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição da matéria orgânica do solo e na vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 5, p. 663-640, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (Documentos, 1).
- FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. v. 1, 432 p.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.
- GONÇALVES, M. A. *Mapeamento de solos e diagnóstico de alterações físicas e morfológicas em área da fazenda escola – UEL*. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Departamento de Agronomia. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. *Cultivar de feijão IPR Colibri: grupo carioca, ciclo precoce, porte ereto*. IAPAR: Londrina, 2004.
- _____. *Cultivar de feijão IPR Eldorado*. IAPAR: Londrina, 2007.
- IBGE. *Levantamento sistemática da produção agrícola (2007/2008) I*. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200807_5.shtm>. Acesso em: 15 ago. 2008.
- KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. *Journal of Ecology*, Oxford, v. 82, n. 3, p. 519-531, 1994.
- LEAL, R. M.; PRADO, R. M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 3, n. 4, p. 301-306, 2008.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. R. G.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B.; ANDRADE, R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1039-1050, 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- MUCHOVEJ, R. M. C.; OBREZA, T. A. Application of organic wastes in agriculture. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Org.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS/ UFV/ DPS, p. 901-914. 1996.
- PARRA, M. S. Feijão. In: OLIVEIRA, E. L. *Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2003. p. 17-18. (IAPAR, Circular Técnica, 128).
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. D. M.; ZEMOULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. *Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade*. Londrina, IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR, Circular Técnica, 76).
- SAMPAIO, C. A.; KATO, O. R.; NASCIMENTO-E-SILVA, D. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima com alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade florestal no nordeste paraense. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Salvador, v. 2, n. 1, p. 41-53, 2008.
- SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1161-1170, 2003.
- SAS INSTITUTE. *The SAS system for windows 8.02*. Cary: SAS INSTITUTE, 1999-2001. CD-ROM
- SILVA, D. J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.
- SMYTH, T. J.; BASTOS, J. B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 127-132. 1984.
- TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- VILELA, N. J.; RESENDE, F. V.; MEDEIROS, M. A. *Evolução e cadeia produtiva da agricultura orgânica*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 45).

